İstanbul Teknik Üniversitesi

Yıldız Teknik Üniversitesi

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

5. UZAKTAN ALGILAMA - CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2014)

14 - 17 EKİM 2014
İSTANBUL

5. UZAKTAN ALGILAMA - CBS (UZAL-CBS 2014) SEMPOZYUMU

Poster Sunumları

- Pléiades-1A Görüntülerinin Gerçek Geometrik Çözünürlüğünün Ve Radyometrik Kalitesinin Belirlenmesi
Ali Cam, Hüseyin Topan, Mustafa Özendi, Murat Oruç

- Hedef Yoğunluk Fonksiyonuyla Aktif Sensör Görüntüleme
Rıdvan Fırat Çınar, Aşkın Demirkol

- Jeotermal Alanların CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri İle Araştırılması: Akarçay Havzası (Afyonkarahisar) Örneği
Mustafa Yalçın, Fatmagül Kılıç

- Çok Zamanlı Uydu Verilerinin Tarımsal Haritalamada Kullanımı: Altınova Devlet Üretme Çiftliği
Mustafa Serkan Işık, Zeren Şenyıldız, Filiz Sunar

- Watershed Yöntemi İle Landsat Görüntülerinden Kıyı Çizgisi Çıkartılması: Akşehir Gölü
Hatice Çatal Reis, Bülent Bayram

- Burdur İli, Bucak İlçesi ve Civarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Çizgisel Yoğunluk Haritasının Oluşturulması
Kerem Hepdeniz, Oya Cengiz

- PM2.5 Dağılımının Belirlenmesi İçin Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Marmara Bölgesi Örneği
Yaşar Burak Öztaner, Burcu Güney, Kaan Kalkan, Ceyhan Kahya, Filiz Bektaş Balçık, Sedef Çakır

- Farklı Uydu Verilerinin Bant Birleştirilmesinden Sonra Spektral Sınıflandırmalarda Kullanılması
Önder Gürsoy, Anıl Can Birdal

- İnsar Verilerinin Madencilikte Kullanımı
Zeynep Sertabipoğlu, Ümit Özer, Hakan Tunçdemir

- Uzaktan Algılama Araştırmacılarına Yönelik Python Arayüzü ve ArcGIS Yazılımı Eklentisi
Ekrem Saralıoğlu, Deniz Yıldırım, Oğuz Güngör

- Çok Spektrumlu Verilerden Bilgi Çıkarımında Mekansal Filtreleme Etkisinin İncelenmesi
Merve Keskin, A. Özgür Doğru, Çiğdem Göksel, Filiz Balçık Bektaş

- Kriz Yönetiminde Konumsal Tabanlı Bir İletişim Modeli Önerisi Ve Mevcut Uygulamalarla Karşılaştırılması
Ayşe Giz Gülnerman, Azime Tezer, Çiğdem Göksel

- Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Yerleşimin Fiziksel Envanterinin Afet Riski Açısından Değerlendirilmesi: Düzce İli Kaynaşlı İlçesi Örneği
Hanifi Tokgöz, Hüseyin Bayraktar

- Afet Yönetiminde Görüntü İşleme Uygulamalarının Kısa Bir İncelemesi Ve Rasat İle Örnek Uygulamalar
Ufuk Sakarya, Sevgi Zübeyde Gürbüz, Can Demirkesen, Hüsne Seda Deveci, Seda Tankız, A. Feray Öztoprak, Özgün Yılmaz, İlkay Atıl, Mehmet Ali Arabacı, Nihan Akbaba, Özge Mişe, Mustafa Teke

- Afet Yönetiminde Algılayıcı Teknolojilerinin Kullanımı
Can Demirkesen, Sevgi Zübeyde Gürbüz, Ufuk Sakarya, Hüsne Seda Deveci, Seda Tankız, Feray Öztoprak, Özgün Yılmaz, İlkay Atıl, Mehmet Ali Arabacı, Nihan Akbaba, Özge Mişe, Mustafa Teke

- Tarihi Eserlerin Dokümantasyonunda Çeşitli Veri Toplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması
Alper Kuçak, Fatmagül Kılıç, Akın Kısa

14-17 EKİM 2014 | YTÜ, DAVUTPAŞA KONGRE VE KÜLTÜR MERKEZİ

PLÉİADES-1A GÖRÜNTÜLERİNİN GERÇEK GEOMETRİK ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNÜN VE RADYOMETRİK KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Ali CAM[1], Hüseyin TOPAN[2], Mustafa ÖZENDİ[3], Murat ORUÇ[4]

[1]Müh., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, alicam193@gmail.com
[2]Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, topan@beun.edu.tr
[3]Arş. Gör., Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, mozendi@gmail.com
[4]Uzman, Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İncivez Mah, Zonguldak/Merkez, orucm@hotmail.com

ÖZET

Günümüzde optik uzaktan algılama görüntülerinin geometrik ve radyometrik çözünürlüğünün artması, konuma bağlı uygulamalarda daha çok tercih edilmelerine neden olmaktadır. Ancak kullanıcılar, görüntü seçiminde görüntülerin gerçek kalitelerini göz önünde bulundurmalıdırlar. Bu bildiride, Avrupanın en yüksek geometrik çözünürlüğe sahip uydusu olan Pléiades-1A/1B'e ait görüntülerin gerçek geometrik çözünürlüğünün ve radyometrik kalitesi belirlenmiştir. Pléiades-1A görüntüleri 70 cm'den 50 cm'ye yeniden örneklenerek dağıtılmaktadır. Dolayısıyla görüntülerin gerçekten 50 cm'lik bir çözünürlüğe sahip olup olmadığı önemli bir sorudur. Gerçek geometrik çözünürlük, kenar yayılım fonksiyonu temeline dayanan ve Matlab ortamında geliştirilen epix modülü kullanılarak, hem orijinal hem de pan-sharpened görüntüler için belirlenmiştir. Yapılan araştırma ile gerçek geometrik çözünürlüğün 1 piksel düzeyinde olduğu, haliyle görüntülerin geometrik çözünürlüğünde herhangi bir kayıp olmadığı görülmektedir. Görüntülerin radyometrik kalitesi ise IMQUAL yazılımı ile test edilmiş, görüntünün farklı gri değer aralıkları için gürültü oranı ortalama 1 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, dağıtıcı firmanın gerçekleştirdiği gürültü giderme işleminin başarısını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Pléiades-1A, geometrik çözünürlük, radyometrik kalite, epix, IMQUAL

ABSTRACT

ESTIMATION OF REAL GEOMETRIC RESLOUTION AND RADIOMETRIC QUALITY OF PLÉIADES-1A IMAGES

Optical remote sensing images are commonly used in many applications thanks to the improvements of geometric and radiometric resolution. The user must take in consideration the real quality of images. This paper aims to estimation of real geometric and radiometric quality of Pléiades-1A/1B images. Pléiades-1A/1B is the first satellite of Europe with sub-meter geometric resolution. The panchromatic images are distributed with the resampling of geometric resolution from 70 cm to 50 cm. so this is an important query whether the images has 50 cm resolution in reality. The real geometric resolution has been estimated for the original and pan-sharpening images using epix, a Matlab tool developed based on the edge spread function. The effective GSD is about 1 pixel, that means the user can use the images with their nominal GSD, i.e. 50 cm. The radiometric quality has been checked by the software IMQUAL. The noise ratio has been estimated as 1 for various grey value groups. This means the denoising process run by the vendor is successful.

Keywords: Pléiades-1A, geometric resolution, radiometric quality, epix, IMQUAL

1. GİRİŞ

Günümüzde uzaktan algılama görüntüleri pekçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Pekçok kullanıcı görüntüleri dağıtıcı firmaların broşürlerinde verilen bilgiler yardımıyla seçmektedirler. Bazı görüntülere ücretsiz erişilebildiği halde, özel planlanan çekimlerde veya arşivdeki yeni görüntülere erişimde önemli miktarda ücret ödenmektedir. Bu durumda, tanıtım broşüründe verilen bilgilerle karşılaştırıldığında hangi algılayıcının görüntüsünün gerçek kaliteyi yansıttığı sorusu sorulmalıdır. Bu soruya verilebilecek yanıt, görüntünün hem orijinal (pankromatik ve multispektral) ve hem de yeniden üretilmiş (pan-sharpened) görüntülerinin gerçek konumsal ve radyometrik kalitesinin belirlenmesi gerekliliğidir. Bu konudaki deneyim göstermektedir ki düşük radyometrik çözünürlük (IRS-1C'nin 6 bitlik radyometrik çözünürlüğü gibi), analogdan dijitale dönüşüm (TK-350 ve KVR-1000 gibi film tabanlı görüntülerin sayısallaştırılması gibi) ve görüntüleme tekniği (OrbView-3'ün ötelenmiş CCD'ler kullanması gibi) geometrik çözünürlüğü azaltmakta (Topan et al., 2009a), ve nesne çıkarımı, otomatik görüntü eşleştirme gibi konumsal uygulamalarda görüntülerden beklenen performansı azaltmaktadır.

Demek ki, dağıtıcı firmaların yayınladıkları broşürlerde verilen bilgiler ile gerçek durum birbiriyle uyuşmayabilir. Bu nedenle bu çalışmanın hedefi, Pléiades-1A algılayıcısının görüntülerinin ve bunlardan üretilen görüntü temelli ürünlerin konumsal ve radyometrik kalitesinin belirlenmesidir.

2. KENAR TABANLI GEOMETRİK ÇÖZÜNÜRLÜK BELİRLEME

2.1. Kuramsal Temel

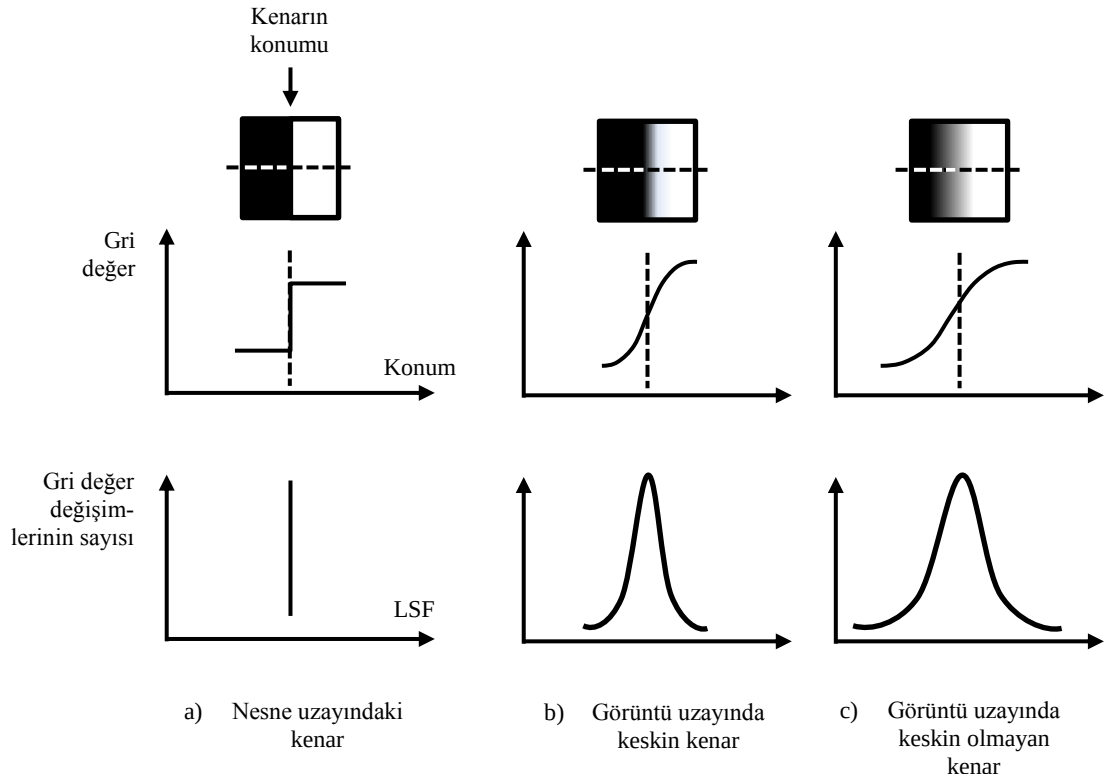
Optik bir algılayıcı ile elde edilen görüntü tamamen hatasız değildir. Büyük ayrıntılarla karşılaştırıldığında küçük ayrıntılar bulanıklaşır ve bu durum net (toplam) algılayıcı PSF'si (Point Spread Function: Nokta Yayılım Fonksiyonu, PSF_{net}) olarak adlandırılır. PSF_{net} diğer alt PSF'leri içerir. Bunlar: Optik PSF (PSF_{opt}), Görüntü Yürümesi PSF'si (PSF_{im}), Algılayıcı PSF'si (PSF_{det}) ve Elektronik PSF'dir (PSF_{el}). PSF_{opt} beklenen bir olaydır, zira nokta şeklindeki bir kaynağı yine nokta şeklinde sunan mükemmel bir optik sistem bulunmamaktadır. Doğrusal-dizi bir algılayıcıda, görüntüleme zamanı tarama yönünde bir bulanıklığa neden olur. Bu durumda PSF_{im} şöyle olacaktır:

$$PSF_{im}(x,y) = rect(\frac{y}{S}) \tag{1}$$

Burada *x, y* görüntü uzayında satır ve sütun koordinatlar, *S* görüntüleme süresince alınan mesafe ve *rect* kesikli fonksiyon anlamına gelmektedir. Eğer algılayıcının her bir parçası arasında boşluklar varsa bu durum PSF_{det} ile ifade edilen uzaysal bulanıklığa neden olur. PSF_{el} ise algılayıcıdan elde edilen sinyalin gürültüsünün elektronik olarak giderilmesi nedeniyle oluşur. Bu süzgeçlemenin enine tarama yapan görüntülerdeki etkisi oldukça azdır (Schowengerdt, 1997). Atmosfer ile ilgili olan PSF'nin de dikkate alınması gerekmektedir (PSF_{atm}) (Javan et al., 2013). Tüm PSF'lerin bir bileşkesi olarak PSF_{net} aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$PSF_{net} = PSF_{opt} \cdot PSF_{im} \cdot PSF_{\det} \cdot PSF_{el} \cdot PSF_{atm} \tag{2}$$

PSF'ye benzer bir durum çizgisel nesnelerde de görülür ve LSF (Line Spread Function: Çizgi Yayılım Fonksiyonu) olarak adlandırılır. Diğer bir ifade ile nesne uzayındaki keskin bir kenar birkaç komşu piksel sırasına yayılmış olarak gösterilir. Şekil 1, LSF'nin kenarın keskinliğine bağlı olarak nasıl değiştiğini göstermektedir. Şekil 1a'da insan gözü ile oldukça keskin görünen bir kenar, Şekil 1b'de ise 1c'dekine oranla görüntü uzayında daha keskin gösterilen bir kenarın LSF eğrisi gösterilmektedir. Javan et al. (2013), PSF'ye



Şekil 1. Bir kenarın nesne ve görüntü uzayındaki farklı durumları.

oranla LSF'nin kullanımının daha kolay olduğunu belirtmektedir.
Etkin YÖA (yer örnekleme aralığı) LSF yardımıyla belirlenebilir. Bu değer, yeterli uzunlukta ve keskinlikteki çizgisel bir nesne (örneğin uzun bir çatının kenarı) yardımıyla kolaylıkla belirlenebilir. Çatı dokusu ile gölgesi arasındaki zıtlık (kontrast) etkin YÖA'nın belirlenmesine yardımcı olabilir.

$$g_a^i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} g_j \tag{40}$$

$$\Delta g_a^i = \left| g_a^{i+1} - g_a^i \right| \tag{41}$$

Burada g_j gri değer, g_a ortalama gri değer, Δg_a gri değer ortalamaları arası fark, *i=1(1)n, j=1(1)m, n* kenar boyunca hesaplamada dikkate alınacak piksel sayısı, *m* ise kenara dik yöndeki hesaplamada dikkate alınan gri değer sayısıdır.

Şekil 1 b ve c, ayrıca Şekil 2'de gösterildiği gibi, Δg_a kenarda farklılığın en büyük olduğu bir Gauss eğrisi oluşturmaktadır. %68 güven aralığında, eğrinin yüksekliğinin yarısı ±1σ'nın eğri üzerindeki karşılığına denk gelmektedir. Demek ki σ bize etkin YÖA değerini vermektedir. Eğer görüntü yeterince keskin değilse eğri basık olacak ve ±1σ arasındaki mesafe de büyüyecektir. Eğer bulanıklığın etkisi fazla değilse, etkin YÖA'nın normal (orijinal) YÖA ile aynı olması beklenir. Pekçok optik uzaktan algılama görüntüsü ile yapılan analizlerde etkin ve normal YÖA arasında bir fark olmadığı belirlenmiştir. Buna rağmen aradaki fark, eğer radyometrik çözünürlük düşük ise IRS-1C örneğinde %16, eğer görüntüler analog filmlerden taranarak elde edilmiş ise TK-350 için %30 ve KVR-1000 için %37.5, veya eğer görüntü ötelenmiş CCD'ler ile yapay olarak elde edilmiş ise OrbView-3 örneğinde olduğu gibi %20 dolayında olabilir (Topan vd., 2009b). Kenarın belirlenmesinde kullanıcı etkisini gidermek için Canny operatörü ile otomatik kenar tanıma yapılmıştır. Canny operatörü, sinyal-gürültü oranını dikkate alarak gürültüyü düzeltmesi gibi üstünlükleri nedeniyle diğer kenar tanıma operatörlerine göre daha üstündür (Shrivakshan ve Chandrasekar, 2012).

2.2. Uygulama

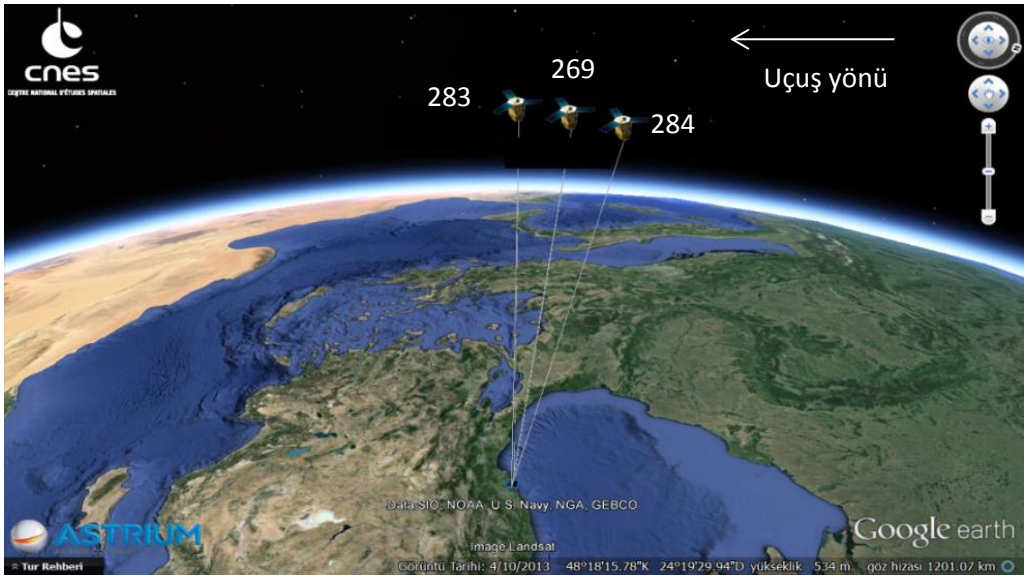
Kullanılan Görüntü

Pléiades-1A Avrupa'nın <1m geometrik çözünürlüğe sahip ilk optik uzaktan algılama uydusudur. Bu uydu yakın dairesel ve güneş eş-zamanlı yörüngesine 17 Aralık 2011'de, kardeşi olan Pléiades-1B de 2 Aralık 2012'de fırlatılmıştır. SPOT-6 ve -7 ise, CNES (the Centre National d'Etudes Spatiales- Fransız Uzay Ajansı) tarafından oluşturulan uydu takımını tamamlayan daha düşük çözünürlüklü diğer iki uydudur. Bu yüzden CNES, kendi uzaktan algılama çalışmalarını 4 yeni uydu ile birlikte, İtalya ile ortak yürütülen ORFEO (Optical and Radar Federated Earth Observation) uzay programını çerçevesinde sürdürmektedir.

Airbus Defence and Space (önceki adı Astrium) CNES tarafından ticari sivil işletmeci olarak atanmıştır. Avusturalya Melbourne'de 22.si düzenlenen ISPRS (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing) kongresi sırasında Pléiades Kullanıcı Grubu kurulmasına karar verilmiştir. 180 projenin 120'si, Türkiye'den ise 3 projeden 1 tanesi kabul edilmiştir. Bu çalışmada değerlendirilen görüntüler bu program kapsamında alınmıştır.

Pléiades görüntüleri 70 cm'den 50 cm'e pankromatik band ve 2.8 m'den 2 m'ye VNIR (Visible and Near Infrared: Görünür ve Yakın Kızılötesi) bandlar için yeniden örneklenerek dağıtılır. Orijinal radyometrik çözünürlük 12 bittir ve görüntüler herhangi bir kontrast genişletme işlemi yapılmadan 16 bit olarak edinilir. Görüntüler, görüntü keskinliğini artırmak ve gürültüsünü azaltmak için görüntü işlemeye tabi tutulmuştur (Airbus, 2012). Bu yöntemin etkileri görüntü analizinde görülecektir.

Çalışmada, üç farklı doğrultudan alınan görüntüler kullanılmıştır (Şekil 2). Görüntü alım açıları **Çizelge 1**'de verilmiştir.



Şekil 2. Kullanılan görüntülerin alım durumları.

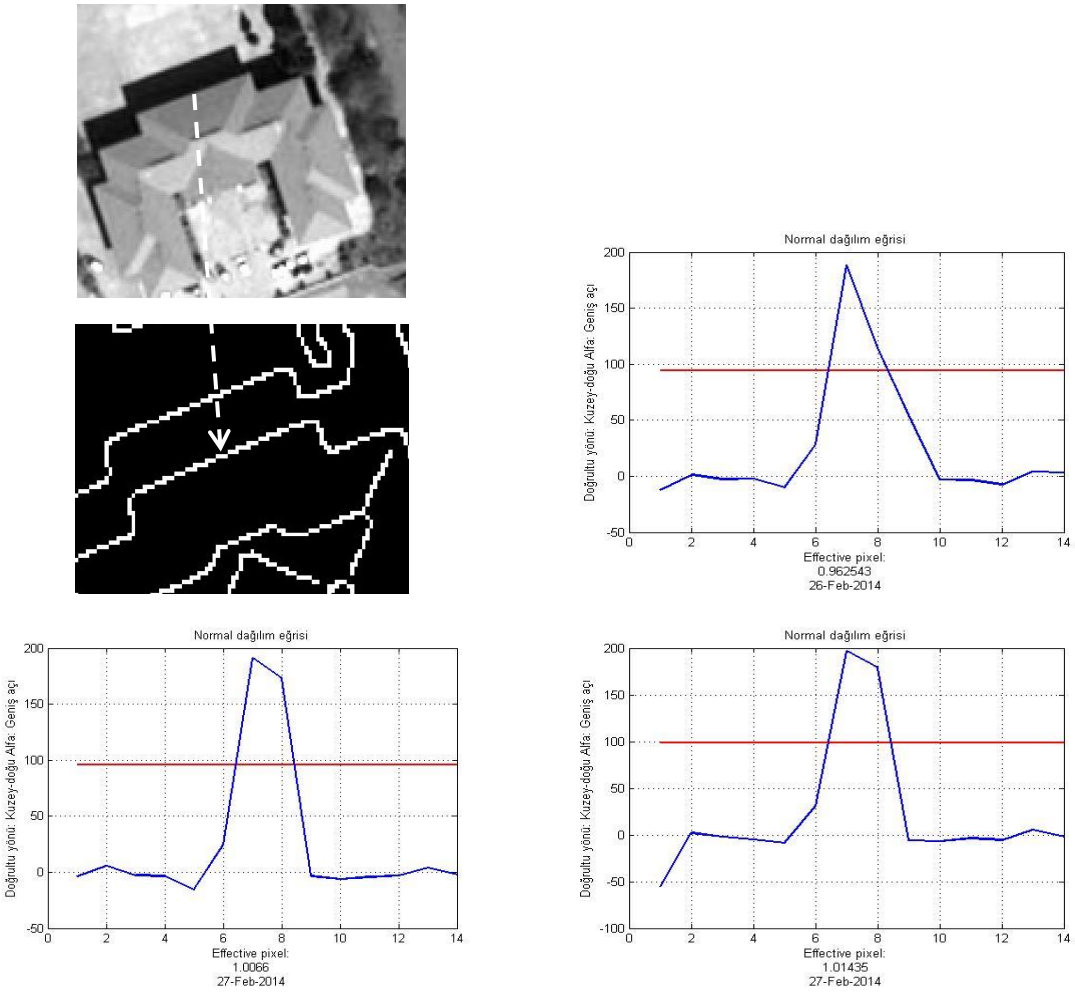
Çizelge 1. Görüntüler ve alım açıları			
	Görüntü Numarası		
Açılar(°)	**284**	**269**	**283**
Yörüngeye dik	4.2	4.5	4.8
Yörünge boyunca	10.1	4.5	-1.2

Analiz Sonuçları

Hem pankromatik ve VNIR bandlar için hem de pan-sharpened görüntüler için etkin YÖA değerleri hesaplanmıştır. Pan-sharpening işleminde, üçüncü yazar tarafından Matlab ortamında geliştirilen SharpQ programı kullanılmıştır. Kullanılan pan-sharpening yöntemleri PCA (Principal Component Analysis), IHS (Intensity Hue Saturation) ve Brovey dönüşümüdür. Etkin YÖA analizinde kenarın hangi doğrultuda (kuzey-güney, doğu-batı, kuzeydoğu, güneybatı vb.) uzandığının sonuçlara bir etkisinin olmaması için farklı doğrultularda kenarlar seçilmiştir. Analizde kullanılan Canny operatörü ile örnek bir kenar seçimi ve her bir görüntüdeki gri değer değişimleri **Şekil 3**'de görülebilir. Pankromatik görüntüler için yapılan analiz sonuçları **Çizelge 2**'de verilmektedir. Burada her üç görüntüde farklı doğrultularda kenarlar alınarak, etkin YÖA'nın kenarın doğrultusuna ve görüntü alım açılarına olan bağlılığı da incelenmiş ancak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu analiz sonucuna göre pankromatik görüntüler için etkin YÖA aralığı 1.02 piksel bulunmuştur. Yani kullanıcılar görüntüleri 50 cm geometrik çözünürlükle kullanabilmektedirler.

VNIR görüntülerde ise pankromatik görüntülerde olduğunun aksine geometrik çözünürlüğün kaba olması nedeniyle uygun bir kenar bulmakta zorlanılmıştır. Her bir band için ayrı analiz yapılmış ve sonuçlar **Çizelge 3**'de verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, etkin YÖA'nın görüntü alım ve kenar doğrultuları ile bandlara bağlı olmadığı söylenebilir. 0.90 piksellik sonuç, kullanıcıların VNIR görüntüleri orijinal geometrik çözünürlükleri ile kullanabileceklerini göstermektedir.

Pan-sharpening görüntüleri ise PCA, IHS ve Brovey dönüşümü ile elde edilmiştir. Sadece Brovey dönüşümü pan-sharpened görüntüye yakın kızılötesi bandı da eklemektedir. **Çizelge 4, 5** ve **6** incelendiğinde gerek banda gerekse görüntü alım açısına bağlı bir etki görülmemektedir. Tüm pan-sharpened görüntülerde aynı kenarlar kullanılmıştır. Yöntemlere göre elde edilen etkin YÖA değerleri arasında ~0.1 piksellik bir fark bulunmuştur. Bunun nedeni bu yöntemlerin farklı algoritmalar ile görüntü üretmesidir. Örneğin PCA yöntemi segmentasyona benzer bir ürün ürettiğinden kenarların her iki yanı (gölge ve çatı) arasındaki zıtlığı arttırmakta ve dolayısıyla etkin YÖA bu yöntemle üretilen pan-sharpened görüntüde 0.9 piksel olarak bulunmaktadır.



Şekil 3. Canny operatörü yardımıyla örnek bir kenar seçimi ve farklı görüntülerdeki gri değer değişim grafiği.

Çizelge 2. Pankromatik görüntüler için etkin YÖA analizi

Doğrultu	Doğrultu açısı (°)	Görüntü			Ortalama	Genel ortalama
		284	269	283		
Doğu-1	90	0.88	0.84	0.73	0.81	**0.98**
Doğu-2	90	1.08	1.08	1.25	1.14	
Ortalama	**90**	**0.98**	**0.96**	**0.99**	**0.98**	
Kuzey-1	0	0.95	1.29	1.28	1.17	**1.07**
Kuzey-2	0	1.07	1.10	0.73	0.97	
Ortalama	**0**	**1.01**	**1.19**	**1.00**	**1.07**	
Güney-doğu-1	102.995	1.54	1.20	1.21	1.31	**1.22**
Güney-doğu-2	105.945	1.17	1.08	1.12	1.12	
Ortalama	**104.470**	**1.36**	**1.14**	**1.16**	**1.22**	
Kuzey-doğu-1	71.565	0.99	0.55	0.57	0.70	**0.81**
Kuzey-doğu-2	69.864	0.58	0.92	1.27	0.92	
Ortalama	**70.715**	**0.79**	**0.73**	**0.92**	**0.81**	
Genel ortalama						**1.02**

Brovey dönüşümü ise kontrastı genişletmekte, dolayısıyla gri değerler arasındaki fark artmakta, dolayısıyla etkin YÖA 1.1 piksel olarak bulunmaktadır. IHS yönteminde ise, diğer iki yöntemdeki durum söz konusu olmadığından etkin YÖA 1 pikseldir.

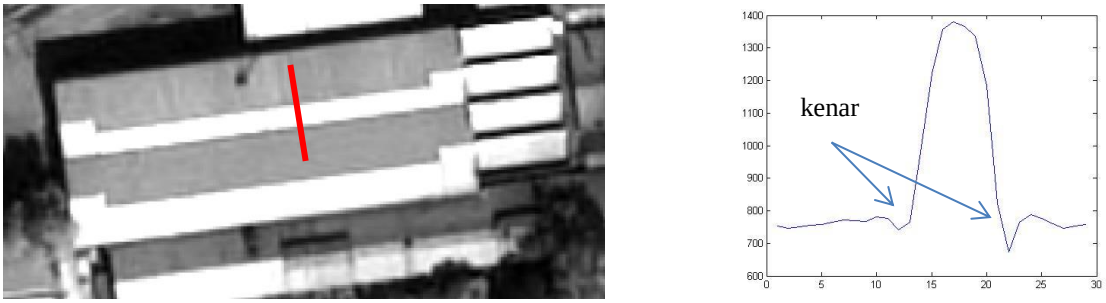
Çizelge 3. VNIR görüntüler için etkin YÖA analizi
D: Doğu, KD: Kuzey-doğu

Doğrultu	Bant	Görüntü			Görüntülerin ort.	Bant ve görüntü ortalamalarının ortalaması
		284	269	283		
D	Kırmızı	1.05	1.07	1.12	**1.08**	
	Yeşil	1.05	1.01	1.25	**1.10**	
	Mavi	1.00	1.03	1.18	**1.07**	
	Kızılötesi	1.03	1.01	1.17	**1.07**	
	Bandların ort.	**1.03**	**1.03**	**1.18**		**1.08**
KD-1	Kırmızı	0.86	0.70	0.93	**0.83**	
	Yeşil	0.81	0.65	0.82	**0.76**	
	Mavi	0.44	0.64	0.68	**0.59**	**0.75**
	Kızılötesi	0.86	0.69	0.94	**0.83**	
	Bandların ort.	**0.74**	**0.67**	**0.84**		
KD-2	Kırmızı	0.92	0.89	0.79	**0.87**	
	Yeşil	0.93	0.87	0.80	**0.87**	
	Mavi	1.00	0.95	0.83	**0.93**	**0.88**
	Kızılötesi	0.92	0.87	0.79	**0.86**	
	Bandların ort.	**0.94**	**0.90**	**0.80**		
	Genel ortalama					**0.90**

3. RADYOMETRİK ANALİZ

Pléiades görüntüleri, hem gürültü giderme hem de kenar zenginleştirme işlemi yapılarak kullanıcıya sunulmaktadır (Airbus, 2012). Bu durumun etkisi bir binanın kenarına ait gri değerlerinin grafiği yardımıyla anlaşılabilir. **Şekil 4**'de, bir bina çatısında bir sıra pikselin gri değerleri grafik olarak çizdirilmiştir. Grafikte okla gösterilen bölgeler, kenar zenginleştirme işlemi sonucu gri değerlerindeki değişimi göstermektedir. Orijinal bir görüntüde böyle bir dalgalanma söz konusu değildir.

Pankromatik görüntünün gürültü oranının belirlenmesi ise diğer bir araştırma konusudur. Burada BLUH (Bundle block adjustment Leibniz University Hannover) yazılım topluluğunun alt bir yazılımı olan IMQUAL kullanılmıştır. IMQUAL, 8 bitlik görüntüleri değerlendirebildiğinden görüntüler 8 bite yeniden örneklenmiştir. Yapılan analiz sonucunda **Çizelge 7**'deki sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre ortalama gürültü oranı 1.15, ağırlıklı ortalama ise 1.03'dür. Bu sonuç, dağıtıcı firma tarafından yapılan gürültü giderme işleminin başarısını ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Kenar zenginleştirme işleminin etkisi.

Çizelge 4. PCA yöntemi ile elde edilen pan-sharpened görüntünün etkin YÖA analizi
K: Kuzey, KD: Kuzey-doğu vb.

Doğrultu	**Bant**	**Görüntüler**			**Ort.**	**Bant ve görüntü ortalamalarının ortalaması**
		284	**269**	**283**		
D-1	Kırmızı	0.87	0.79	0.75	**0.80**	**0.76**
	Yeşil	0.89	0.73	0.70	**0.77**	
	Mavi	0.89	0.58	0.65	**0.71**	
	Bant ort.	**0.88**	**0.70**	**0.70**	**0.76**	
D-2	Kırmızı	1.00	0.56	0.64	**0.73**	**0.82**
	Yeşil	1.55	0.49	0.52	**0.85**	
	Mavi	1.58	0.48	0.53	**0.86**	
	Bant ort.	**1.38**	**0.51**	**0.56**	**0.82**	
K1	Kırmızı	0.66	0.58	1.09	**0.78**	**0.90**
	Yeşil	0.76	1.16	0.80	**0.91**	
	Mavi	0.77	0.99	1.30	**1.02**	
	Bant ort.	**0.73**	**0.91**	**1.06**	**0.90**	
K2	Kırmızı	0.76	0.66	0.58	**0.67**	**0.79**
	Yeşil	0.79	0.95	0.46	**0.73**	
	Mavi	0.73	1.20	0.94	**0.96**	
	Bant ort.	**0.76**	**0.94**	**0.66**	**0.79**	
GD-1	Kırmızı	1.00	1.00	0.98	**0.99**	**0.88**
	Yeşil	0.60	0.99	0.93	**0.84**	
	Mavi	0.58	0.98	0.83	**0.80**	
	Bant ort.	**0.73**	**0.99**	**0.91**	**0.88**	
GD-2	Kırmızı	0.82	0.62	1.09	**0.84**	**0.84**
	Yeşil	0.90	1.00	0.90	**0.93**	
	Mavi	1.00	0.51	0.70	**0.74**	
	Bant ort.	**0.91**	**0.71**	**0.90**	**0.84**	
KD-1	Kırmızı	1.61	0.75	1.08	**1.15**	**1.08**
	Yeşil	1.55	0.94	1.00	**1.16**	
	Mavi	1.24	0.67	0.85	**0.92**	
	Bant ort.	**1.47**	**0.79**	**0.98**	**1.08**	
KD-2	Kırmızı	0.82	1.61	0.67	**1.03**	**1.01**
	Yeşil	0.86	1.57	0.61	**1.01**	
	Mavi	0.85	1.51	0.58	**0.98**	
	Bant ort.	**0.84**	**1.56**	**0.62**	**1.01**	
Genel ortalama						**0.88**

Çizelge 5. IHS yöntemi ile elde edilen pan-sharpened görüntünün etkin YÖA analizi
K: Kuzey, KD: Kuzey-doğu vb.

	Bant	**Görüntü**			**Ort.**	**Bant ve görüntü ortalamalarının ortalaması**
		284	**269**	**283**		
D-1	Kırmızı	0.79	0.73	1.42	0.98	**0.87**
	Yeşil	0.80	0.85	1.00	0.88	
	Mavi	0.77	0.90	0.60	0.76	
	Bant ort.	**0.79**	**0.83**	**1.01**	**0.87**	
D-2	Kırmızı	0.79	1.17	0.59	0.85	**1.01**
	Yeşil	0.80	1.68	0.67	1.05	
	Mavi	0.78	1.65	1.00	1.14	
	Bant ort.	**0.79**	**1.50**	**0.75**	**1.01**	
K-1	Kırmızı	0.80	1.37	0.67	0.95	**0.96**
	Yeşil	0.82	1.16	0.70	0.89	
	Mavi	0.80	0.99	1.30	1.03	
	Bant ort.	**0.81**	**1.17**	**0.89**	**0.96**	
K-2	Kırmızı	1.03	0.79	0.53	0.78	**0.90**
	Yeşil	1.04	0.95	0.60	0.86	
	Mavi	1.00	1.20	0.94	1.05	
	Bant ort.	**1.02**	**0.98**	**0.69**	**0.90**	
GD-1	Kırmızı	1.12	1.26	1.43	1.27	**1.32**
	Yeşil	1.52	1.34	1.16	1.34	
	Mavi	1.24	1.60	1.20	1.35	
	Bant ort.	**1.29**	**1.40**	**1.26**	**1.32**	
GD-2	Kırmızı	1.21	1.10	1.19	1.17	**1.03**
	Yeşil	1.10	1.00	0.94	1.01	
	Mavi	1.06	0.90	0.75	0.90	
	Bant ort.	**1.12**	**1.00**	**0.96**	**1.03**	
KD-1	Kırmızı	0.90	1.00	0.70	0.87	**0.83**
	Yeşil	0.70	0.94	0.74	0.79	
	Mavi	0.80	0.95	0.75	0.83	
	Bant ort.	**0.80**	**0.96**	**0.73**	**0.83**	
KD-2	Kırmızı	0.60	1.40	1.16	1.05	**0.94**
	Yeşil	0.56	1.57	0.63	0.92	
	Mavi	0.57	1.49	0.46	0.84	
	Bant ort.	**0.58**	**1.49**	**0.75**	**0.94**	
Genel ortalama						**0.98**

Çizelge 6. Brovey dönüşümü yöntemi ile elde edilen pan-sharpened görüntünün etkin YÖA analizi
K: Kuzey, KD: Kuzey-doğu vb.

Doğrultu	Bant	Görüntü			Ort.	Bant ve görüntü ortalamalarının ortalaması
		284	269	283		
Doğu 1	Kırmızı	0.79	1.04	0.52	0.78	**0.76**
	Yeşil	0.69	1.01	0.51	0.74	
	Mavi	0.59	0.96	0.51	0.69	
	Kızılötesi	0.84	1.08	0.52	0.81	
	Bantların ort.	**0.73**	**1.02**	**0.52**	**0.76**	
Doğu 2	Kırmızı	1.12	1.17	1.35	1.21	**1.16**
	Yeşil	1.06	1.06	1.15	1.09	
	Mavi	1.03	1.05	1.15	1.08	
	Kızılötesi	1.15	1.20	1.38	1.24	
	Bantların ort.	**1.09**	**1.12**	**1.26**	**1.16**	
K-1	Kırmızı	1.59	1.46	1.08	1.38	**1.18**
	Yeşil	0.94	1.34	0.98	1.09	
	Mavi	0.96	1.31	0.98	1.08	
	Kızılötesi	0.95	1.40	1.11	1.15	
	Bantların ort.	**1.11**	**1.38**	**1.04**	**1.18**	
K-2	Kırmızı	1.27	1.18	1.38	1.28	**1.19**
	Yeşil	1.04	1.05	1.26	1.12	
	Mavi	1.03	1.05	1.26	1.11	
	Kızılötesi	1.17	1.50	1.09	1.25	
	Bantların ort.	**1.13**	**1.20**	**1.25**	**1.19**	
GD-1	Kırmızı	1.59	1.36	1.23	1.39	**1.33**
	Yeşil	1.49	1.25	1.18	1.31	
	Mavi	1.36	1.18	1.10	1.21	
	Kızılötesi	1.39	1.47	1.37	1.41	
	Bantların ort.	**1.46**	**1.32**	**1.22**	**1.33**	
GD-2	Kırmızı	1.28	1.20	1.21	1.23	**1.12**
	Yeşil	1.06	1.05	1.03	1.05	
	Mavi	0.98	0.99	0.94	0.97	
	Kızılötesi	1.07	1.30	1.33	1.23	
	Bantların ort.	**1.10**	**1.14**	**1.13**	**1.12**	
KD-1	Kırmızı	1.01	0.77	1.43	1.07	**1.02**
	Yeşil	0.97	0.67	1.47	1.04	
	Mavi	0.96	0.65	1.44	1.02	
	Kızılötesi	0.62	0.88	1.42	0.97	
	Bantların ort.	**0.89**	**0.74**	**1.44**	**1.02**	
KD-2	Kırmızı	0.60	1.69	0.59	0.96	**0.94**
	Yeşil	0.55	1.53	0.55	0.88	
	Mavi	0.54	1.43	0.53	0.83	
	Kızılötesi	0.95	1.74	0.61	1.10	
	Bantların ort.	**0.66**	**1.60**	**0.57**	**0.94**	
Genel ortalama						**1.09**

Çizelge 7. Gürültü belirleme.

Gri değer aralığı	0-51	51-102	102-153	153-204	204-255
Gürültü oranı	1.00	1.20	1.20	1.20	1.00

4. SONUÇ

Bu bildiride, Pléiades-1A/1B, Avrupa'nın metre altı geometrik çözünürlüğe sahip ilk uydusudur. Bu nedenle görüntülerin gerek geometrik gerekse radyometrik kalitelerinin belirlenerek kullanıcılara bir fikir verilmesi gerekmektedir. Hem pankromatik ve VNIR görüntüler, hem de bunlardan üretilen pan-sharpened görüntülerin her bir bandı için etkin YÖA değeri 1 piksel olarak bulunmuştur. Dolayısıyla kullanıcılar görüntüleri normal YÖA değerleri ile kullanabilmektedirler. Görüntülerin gürültü oranı da 1 olarak belirlenmiştir. Haliyle dağıtıcı firma tarafından yapılan gürültü giderme işlemi başarılıdır.

5. TEŞEKKÜR

Bu araştırmada kullanılan görüntülerin sağlanmasından dolayı Airbus Defence and Space MyGIC Programına, 2014-47912266-01 numaralı proje desteğinden dolayı Bülent Ecevit Üniversitesine ve 114Y380 numaralı proje desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Airbus, 2012. Pléiades Imagery User Guide, V 2.0 ed.

Javan, F., Samadzadegan, F., Reinartz, P., 2013. Spatial Quality Assessment of Pan-Sharpened High Resolution Satellite Imagery Based on an Automatically Estimated Edge Based Metric. *Remote Sensing* 5, 6539-6559.

Schowengerdt, R.A., 1997. Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing, Second Edition ed. Academic Press.

Shrivakshan, G.T., Chandrasekar, C., 2012. A Comparison of various Edge Detection Techniques used in Image Processing. *International Journal of Computer Science Issues* 9, 269-276.

Topan, H., Maktav, D., Jacobsen, K., Buyuksalih, G., 2009a. Information content of optical satellite images for topographic mapping. *Int J Remote Sens* 30, 1819-1827.

Topan, H., Oruç, M., Jacobsen, K., 2009b. Potential of Manual and Automatic Feature Extraction From High Resolution Space Images in Mountainous Urban Areas, ISPRS Hannover Workshop 2009 *High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information*, Hannover.